

ПОЛУЧЕНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И КОРРОЗИОННО-ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ БИОРЕЗОРБИРУЕМЫХ СПЛАВОВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ Fe-Mn

Кадилов П.О., Жукова Ю.С., Дубинский С.М., Пустов Ю.А., Прокошкин С.Д.

НИТУ «МИСЦС», Москва, Россия

Pulat_1993-2009@mail.ru, yulia.s.zhukova@gmail.com, sdubinskiy@gmail.com, pustov@misis.ru, prokoshkin@tmo.misis.ru

В настоящее время основными материалами, имплантируемыми в организм человека, а именно в костную ткань, с целью замещения или восстановления поврежденных органов, являются биоинертные металлические сплавы, такие как титан и сплавы на его основе. Данные материалы, помимо высокой биосовместимостью с костной тканью, обладают высокой механической прочностью и эффектом памяти формы. Несмотря на все положительные свойства в последнее время появляются работы, указывающие на необходимость удаления имплантатов из организма человека, после достижения необходимого результата. Одними из главных причин являются ограничение роста кости и появление аллергических реакций. В связи с этим начинают появляться новые методы остеосинтеза с использованием биорезорбируемых материалов. Данные имплантаты способствуют регенерации кости, постепенно растворяясь в биологических жидкостях человека. Такими свойствами обладают сплавы на основе системы Fe-Mn.

Целью настоящей работы являлось получение сплавов медицинского назначения системы Fe-Mn, легированных кремнием, проявляющие эффект памяти формы за счет обратимого мартенситного превращения $\gamma \leftrightarrow \epsilon$, исследование их структуры и механических свойств после различных режимов термомеханической обработки, и электрохимическое поведение в растворе, моделирующем жидкую составляющую костной ткани организма человека.

Слитки Fe-30Mn-5Si (% масс.) выплавлены методом вакуумно-дугового переплава с нерасходуемым вольфрамовым электродом. Для получения качественных слитков необходимо проводить 4-5 переплавов исходных шихтовых материалов, с последующим гомогенизационным отжигом при 900 °С, в течение 60 минут. Сплав Fe-30Mn-5Si был исследован в нескольких режимах: в исходном состоянии после гомогенизационного отжига; после горячей прокатки при 600 и 800 °С, со степенью деформации $\epsilon=0,3$ и после холодной прокатки, со степенью деформации $\epsilon=0,3$, с постдеформационным отжигом при 500 и 600 °С.

Посредством механических испытаний на растяжения получен модуль Юнга для всех исследованных сплавов. Показано, что после термомеханической обработки наблюдается снижение модуля Юнга, в то время как предел текучести увеличивается почти в два раза, по сравнению со сплавом Fe-30Mn-5Si после гомогенизационного отжига. Установлено, что с увеличением температуры горячей прокатки наблюдается снижение модуля Юнга. Аналогично, увеличение температуры постдеформационного отжига после холодной прокатки также приводит к уменьшению модуля Юнга. Данные результаты свидетельствуют о том, что исследуемые материалы отлично проявляют биомеханическую совместимость.

Методом рентгенографического анализа установлено, что основным изменением структуры после горячей прокатки, по сравнению с исходным состоянием, является отсутствие α -фазы. В свою очередь, после холодной прокатки с различными температурами постдеформационного отжига, наблюдается уменьшение ширины линий, что указывает на менее деформированную структуру.

Методом хронопотенциометрии установлено, что в процессе экспозиции в модельном растворе Хэнка для сплава Fe-30Mn-5Si в исходном состоянии после гомогенизационного отжига наблюдается снижение электродного потенциала. По сравнению с чистым железом сплавы системы Fe-Mn обладают более низкими значениями стационарного потенциала.

Методом потенциодинамической вольтамперометрии установлено, что сплавы при анодной поляризации растворяются в активном режиме, что указывает на их перспективность как биорезорбируемых материалов. Был произведен расчет скорости коррозии методом экстраполяции поляризационных кривых. Наивысшей скоростью коррозии обладает сплав после горячей прокатки при 800 °С, который продемонстрировал увеличение скорости коррозии, по сравнению с исходным состоянием, почти в два раза. Сплав после горячей прокатки при 600 °С, показал схожую скорость коррозии с исходным состоянием. Однако, в сплавах после холодной прокатки, наблюдается снижение скорости коррозии.

В целом можно заключить, что сплав Fe-30Mn-5Si после горячей прокатки при 800 °С со степенью деформации $\epsilon=0.3$, демонстрирует улучшение механических свойств и увеличение скорости коррозии по сравнению с исходным состоянием, в связи с чем можно сделать вывод, что данный сплав является наиболее перспективным для использования в качестве биорезорбируемого материала.